

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11133210 A**

(43) Date of publication of application: **21 . 05 . 99**

(51) Int. Cl.

**G02B 3/14**  
**G02B 7/28**

(21) Application number: **09298982**

(71) Applicant: **DENSO CORP**

(22) Date of filing: **30 . 10 . 97**

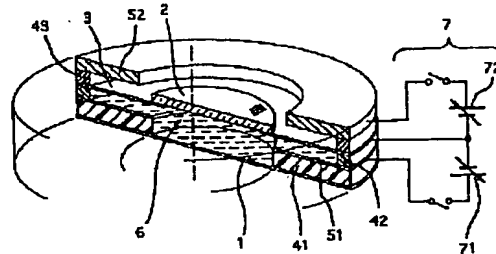
(72) Inventor: **KANEKO TAKU**

**(54) VARIABLE FOCUS LENS**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a variable focus lens of which body is miniaturized and whose price is reduced.

**SOLUTION:** The variable focus lens has a transparent elastic plate 1, an electrically conductive elastic plate 3 for joining a transparent plate 2 to a through hole formed on the center part and 1st and 2nd electrodes 51, 52 arranged on both the sides of the plate 3. Closed space between the plates 2, 3 and the plate 1 is filled with a transparent liquid 6 and a lens is formed by the plate 1, the liquid 6 and the plate 2. When a potential difference is applied between the electrode 51 and the plate 3, the plate 1 is electrostatically attracted to the electrode 51, the plate 2 is dropped, the plate 1 is projected to form a convex lens. Since an electrostatic actuator is formed in the body by the plate 3 and the electrodes 51, 52, the variable focus lens is compact and inexpensive.



COPYRIGHT: (C)1999,JPO

**This Page Blank (usp10)**

~~**Best Available Copy**~~

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-133210

(43)公開日 平成11年(1999)5月21日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 3/14

7/28

識別記号

F I

G 0 2 B 3/14

7/11

J

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21)出願番号

特願平9-298982

(22)出願日

平成9年(1997)10月30日

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 金子 卓

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会

社デンソー内

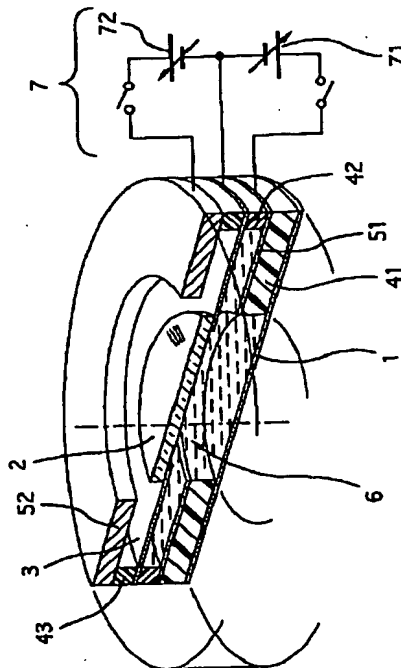
(74)代理人 弁理士 大川 宏

(54)【発明の名称】 可変焦点レンズ

(57)【要約】

【課題】 本体が小型化されているとともに、価格も低廉化されている可変焦点レンズを提供すること。

【解決手段】 本発明の可変焦点レンズは、透明弾性板1と、中央部の貫通孔に透明板2が接合されている導電性弾性板3と、導電性弾性板3の両側に配設されている第1電極51および第2電極52とを有する。透明板2および導電性弾性板3と透明弾性板1との間の密閉空間には、透明液体6が充填されており、透明弾性板1と透明液体6と透明板2とでレンズが形成されている。第1電極51と導電性弾性板3との間に電位差が与えられると、透明弾性板1が第1電極51に静電的に吸引されて透明板2が下がり、透明弾性板1が突出して凸レンズが形成される。導電性弾性板3と第1電極51と第2電極52とから静電アクチュエータが本体内に形成されているので、可変焦点レンズは小型かつ廉価である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光学的に透明であり弾性をもって変形可能な透明弾性板と、

この透明弾性板の表面に一方の面で接合され、光路として円形の第1貫通孔を有し所定の厚さをもった第1スペーサと、

この第1スペーサの少なくとも他方の面に形成されている第1電極と、

この第1スペーサの他方の面に接合され、この第1貫通孔と同軸でより直径が大きい第2貫通孔を有し所定の厚さをもった絶縁性の第2スペーサと、

この第2スペーサのこの第1スペーサに背向する面に接合され、光路として円形の中間貫通孔を有する導電性の変形可能な薄板である導電性弾性板と、

この導電性弾性板のこの中間貫通孔の周囲の内周縁に接合され、光学的に透明な円盤状の透明板と、

この透明弾性板、この第1スペーサ、この第1電極、この第2スペーサ、この導電性弾性板およびこの透明板により液密に封止されている内部空間に充填された光学的に透明な透明液体と、を有することを特徴とする、可変焦点レンズ。

【請求項2】前記導電性弾性板の前記第2スペーサに背向する面に接合され、前記第1貫通孔より直径が大きい第3貫通孔を有し所定の厚さをもった絶縁性の第3スペーサと、

この第3スペーサのこの導電性弾性板と背向する面に接合され、光路として第3貫通孔を有する第2電極と、をさらに有する、請求項1記載の可変焦点レンズ。

【請求項3】前記導電性弾性板は、前記中間貫通孔を有する絶縁性の変形可能な薄板である絶縁性弾性板と、

この絶縁性弾性板の表面に形成された導電性の膜であり、周方向に少なくとも二つに分割されている分割導電膜とからなる、

請求項1～2のうちのいずれかに記載の可変焦点レンズ。

【請求項4】前記透明板は、光学的に透明であり弾性をもって変形可能な第2の透明弾性板である、

請求項1～3のうちのいずれかに記載の可変焦点レンズ。

【請求項5】前記導電性弾性板および前記第2の透明弾性板は、前記第2スペーサの前記第1スペーサに背向する面に接合されている絶縁性の透明弾性板と、この透明弾性板の表面にリング状に形成された導電性の電極膜とから、一体に形成されている、請求項4記載の可変焦点レンズ。

【請求項6】前記第1スペーサは導電性であり、前記第1電極はこの第1スペーサにより兼用されている、

請求項1～5のうちのいずれかに記載の可変焦点レンズ。

【請求項7】前記第1スペーサの前記第1貫通孔の周縁部は、前記透明弾性板と所定の間隔を空けて形成されており、

この周縁部の前記透明弾性板と対向する表面に形成されている第1容量検出電極と、この第1容量検出電極と対向または背向してこの透明弾性板に形成されている第2容量検出電極とを有する、

請求項1～6のうちのいずれかに記載の可変焦点レンズ。

【請求項8】前記第1電極と前記導電性弾性板との間、この導電性弾性板と前記第2電極との間、および前記第1容量検出電極と前記第2容量検出電極との間のうちのいずれかの静電容量を検出する静電容量検出手段と、

この静電容量検出手段により計測されたこの静電容量に基づいて可変焦点レンズを駆動する印加電圧を調整する制御手段とを備えている、

請求項1～7のうちのいずれかに記載の可変焦点レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、広くはマイクロマシンの技術分野に属し、狭くは顕微鏡等に使用されるレンズのパワー（度または度数）が連続的に可変である可変焦点レンズの技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】従来技術としては、特開昭60-57308号公報に開示されているように、透明弾性膜をもつ容器に透明液体を封入し、その透明液体の圧力を圧電素子等のアクチュエータを用いて変化させることにより、レンズの形状を変えて焦点を可変とする可変焦点レンズが公知である。また、特開平6-308303号公報には、前述の従来技術の可変焦点レンズに適正な膜厚分布をもって形成されている透明弾性板を用い、より大きな有効口径が得られる可変焦点レンズが開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術の可変焦点レンズでは、透明液体の圧力を変えて可変焦点レンズを駆動するためのアクチュエータが可変焦点レンズの本体に付設されている。それゆえ、可変焦点レンズの本体の体格が大きくなるとともに、アクチュエータおよびアクチュエータからの油路などを要するので、可変焦点レンズの価格も高くなりがちである。

【0004】そればかりではなく、上記アクチュエータが圧電素子を利用する圧電アクチュエータである可変焦点レンズにあっては、同圧電素子をもつヒステリシスやクリーピングなどの現象により、印加電圧と発生圧力との関係が必ずしも一意ではなくなるという問題を生じた。また、圧電アクチュエータの超小型化が困難であり、かつ超小型化された圧電アクチュエータには十分に透明液体の圧力を変えるだけの能力が望めないという二律背反の不都合をも、上記従来技術は抱えていた。

【0005】そこで本発明は、本体の体格が小型化されているとともに価格が低廉化されている可変焦点レンズを提供することを、解決すべき課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上記課題を解決するために、発明者は以下の手段を発明した。

(第1手段) 本発明の第1手段は、請求項1記載の変焦点レンズである。本手段では、第1電極と導電性弾性板との間に電位差を与えることにより、クーロン力による吸引力を発生させて両者の間隔を狭めることができる。その結果、両者の間隔から排斥された透明液体の体積をもって、透明弾性板の中央部分を透明液体に背向して凸に突出して変形させることが可能である。すると、凸状に変形した透明弾性板と透明板と両者の間を満たしている透明液体とで凸レンズが形成される。この凸レンズのパワーは、上記電位差を調整することにより、所定の範囲で調節が可能である。

【0007】本手段では逆に、第1電極と導電性弾性板とに同電位で高電圧を印加することにより、クーロン力による排斥力を発生させて、両者の間隔を拡げることができる。その結果、両者の間隔に吸い込まれた透明液体の陰圧作用により、透明弾性板の中央部分を透明液体に背向して凹状にへこませて変形させることが可能である。すると、凹状に変形した透明弾性板と透明板と両者の間を満たしている透明液体とで凹レンズが形成される。この凹レンズのパワーは、上記電圧を調整することにより、所定の範囲で調節が可能である。

【0008】ここで、第1電極および導電性弾性板は静電アクチュエータを構成しており、前述の凸レンズおよび凹レンズのパワーは、同静電アクチュエータに印加する電圧の大小によって決まる。すなわち、本手段の変焦点レンズでは、本体に静電アクチュエータが組み込まれている構成を取っており、本体に別途付設されたピエゾアクチュエータ等のアクチュエータを必要としない。それゆえ、変焦点レンズの小型化が可能であるばかりではなく、構成の簡素化による変焦点レンズの価格の低廉化が可能である。

【0009】したがって本手段によれば、本体の体格が小型化されているとともに価格が低廉化されている変焦点レンズを提供することができるという効果がある。また、本手段の変焦点レンズに組み込まれている静電アクチュエータは、ピエゾアクチュエータと異なり、ヒステリシスやクリーピング等の不都合な現象が生じないので、印加電圧とレンズのパワーとは一意に対応するという効果もある。同様に、ピエゾアクチュエータを使用せず、本体と一体型の静電アクチュエータを使用しているので、小型化に伴う制約が少なく、小型化が従来技術よりもずっと容易であるという効果がある。

【0010】(第2手段) 本発明の第2手段は、請求項2記載の変焦点レンズである。本手段では、第1電極と第2電極との間に、両者とそれぞれ所定の間隔を空けて導電性弾性板が介在している。それゆえ、導電性弾性

板と第2電極との間にも、前述の導電性弾性板と第1電極との間に形成されている静電アクチュエータと同様の静電アクチュエータが構成される。したがって、本手段の変焦点レンズにおいては、二重に静電アクチュエータが形成されているので、導電性弾性板を駆動して透明弾性板を変形させる駆動力が、前述の第1手段に比べて倍加している。

【0011】したがって本手段によれば、前述の第1手段の効果に加えて、透明弾性板の変形が大きくなるので前述の凸レンズおよび凹レンズのパワーの調整可能な範囲が拡大するという効果がある。

(第3手段) 本発明の第3手段は、請求項3記載の変焦点レンズである。

【0012】本手段では、導電性弾性板は、中間貫通孔を有する絶縁性の変形可能な薄板である絶縁性弾性板と、この絶縁性弾性板の表面に形成された導電性の膜であって周方向に少なくとも二つに分割されている分割導電膜とから形成されている。それゆえ、各分割導電膜にそれぞれ異なる電圧を印加することにより、導電性弾性板の中間貫通孔の周囲に接合している円盤状の透明板は、同透明板と透明弾性板と両者の間の透明液体とからなるレンズの中心軸に対して傾く。

【0013】その結果、レンズの中心軸に(普通は)平行な光軸に対して透明板の法線が傾き、レンズの中央部を通る光線も屈折して偏向する(向きが変わる)。透明板の傾く方向と傾く角度の大きさは、各導電性弾性板と第1電極およびまたは第2電極とに印加される各電圧を加減することにより、調整が可能である。したがって本手段によれば、前述の各手段の効果に加えて、所定の範囲で所望の角度だけ光線を偏向させる機能をも発揮できるという効果がある。

【0014】ここで、分割導電膜が周方向に等角度で三つに分割されていれば、透明板を傾ける方向は全方位から任意に選ぶことができるようになる。また、第1電極や第2電極も、分割導電膜と対応する位置で周方向に分割されており、それぞれに独立して電圧を印加することができるようになっていれば、透明板を傾けることができる角度はより深くなる。

【0015】(第4手段) 本発明の第4手段は、請求項4記載の変焦点レンズである。本手段では、透明液体を挟持している一方が透明弾性板であるばかりではなく、他方も光学的に透明であり弾性をもって変形可能な第2の透明弾性板である。それゆえ、双方の透明弾性板が互いに背向して凸に変形すればよりパワーの高い凸レンズが形成されるし、双方の透明弾性板が互いに背向して凹に変形すればよりパワーの高い凹レンズが形成される。

【0016】したがって本手段によれば、前述の各手段の効果に加えて、変焦点レンズのパワーを偏向できる範囲が拡大するという効果がある。なお、前述の第3手

10

20

30

40

50

段のように分割導電膜を有する場合には、分割導電膜の内周縁に沿ってリング状の補強部材が導電性弾性板に接合されていれば、レンズのゆがみが抑制されて光学特性の劣化が防止される。

【0017】（第5手段）本発明の第5手段は、請求項5記載の変焦点レンズである。本手段では、互いに接合されている導電性弾性板および第2の透明弾性板は、第2スペーサの第1スペーサに背向する面に接合されている絶縁性の透明弾性板と、この透明弾性板の表面にリング状に形成された導電性の電極膜とから、一体に形成されている。それゆえ、導電性弾性板と第2の透明弾性板との接合は、上記透明弾性板の表面にPVD法などでリング状に導電性の電極膜を形成する過程で自然になされ、導電性弾性板と第2の透明弾性板とを別途製作して接合する工数がかからない。

【0018】したがって本手段によれば、前述の第4手段の効果に加えて、製造コストが安価になるうに、導電性弾性板と第2の透明弾性板との接合が剥がれにくいという効果がある。

（第6手段）本発明の第6手段は、請求項6記載の変焦点レンズである。

【0019】本手段では、第1スペーサは導電性であり、第1電極はこの第1スペーサにより兼用されているので、別途製作した第1電極を第1スペーサに接合したり、第1スペーサの表面に第1電極を形成したりする必要がない。それゆえ、コストダウンが可能になる。したがって本手段によれば、前述の各手段の効果に加えて、さらなるコストダウンが可能であるという効果がある。

【0020】（第7手段）本発明の第7手段は、請求項7記載の変焦点レンズである。本手段では、第1スペーサの第1貫通孔の周縁部は、前記透明弾性板と所定の間隔を空けて形成されている。そして本手段の変焦点レンズは、この周縁部の透明弾性板と対向する表面に形成されている第1容量検出電極と、この第1容量検出電極と対向または背向してこの透明弾性板に形成されている第2容量検出電極とを有する。

【0021】第1容量検出電極と第2容量検出電極との間隔は、透明弾性板の変形の度合いすなわちレンズのパワーによって変動し、両電極の間の静電容量は、両電極の間隔に反比例して変化する。それゆえ本手段では、第1容量検出電極と第2容量検出電極との間の静電容量を検出することにより、変焦点レンズのパワーを計測することが可能になる。

【0022】したがって本手段によれば、前述の各手段の効果に加えて、変焦点レンズのパワーを計測することが可能になるという効果がある。なお、本手段においてさらに、このようにして計測されたレンズのパワーをフィードバックして印加電圧を制御する手段を有すれば、変焦点レンズを所望のパワーに精密に調整することが可能になる。

【0023】（第8手段）本発明の第8手段は、請求項8記載の変焦点レンズである。本手段では、第1電極と導電性弾性板との間、導電性弾性板と第2電極との間、および第1容量検出電極と第2容量検出電極との間のうちいずれかの静電容量を検出する静電容量検出手段が備わっている。それゆえ、上記いずれかの静電容量を検出することにより、変焦点レンズの凸レンズないし凹レンズのパワーを検出することが可能である。

【0024】本手段にはさらに、この静電容量検出手段により計測されたこの静電容量に基づいて、変焦点レンズを駆動する印加電圧を調整する制御手段も備わっている。それゆえ、前述のようにして計測されたレンズのパワーをフィードバックして印加電圧を制御することができるので、変焦点レンズを所望のパワーに精密に調整することが可能になる。

【0025】したがって本手段によれば、前述の各手段の効果に加えて、変焦点レンズを所望のパワーに精密に調整することが可能になるという効果がある。わけても、静電容量検出手段が、第1電極と導電性弾性板との間、または導電性弾性板と第2電極との間の静電容量を検出する場合には、コスト面で有利である。なぜならば、前述の第7手段のように第1容量検出電極および第2容量検出電極を別途設けることは、必要なくなるからである。

【0026】

【発明の実施の形態および実施例】本発明の変焦点レンズの実施の形態については、当業者に実施可能な理解が得られるよう、以下の実施例で明確かつ十分に説明する。

【実施例1】

（実施例1の構成）本発明の実施例1としての可変焦点レンズは、図1および図2に示すように、図中下方から順に、透明弾性板1と、第1スペーサ41および第1電極51と、第2スペーサ42と、導電性弾性板3および透明板2と、第3スペーサ43と、第2電極52とを有する。透明弾性板1、第1スペーサ41、第1電極51、第2スペーサ42、導電性弾性板3および透明板2により液密に封止されている内部空間には、光学的に透明なシリコン油である透明液体6が充填されて封入されている。以上の構成の可変焦点レンズの本体は、回転対称形状をしており、各部品も、円盤状であったりリング状であったりして回転対称形状をもっており、互いに同軸に配設されている。

【0027】また、導電性弾性板3、第1電極51および第2電極52には、二つの可変直流電圧源71、72およびスイッチを含む電圧制御装置7が、電気的に接続されている。透明弾性板1は、光学的に透明であり弾性をもって変形可能なホウケイ酸ガラス製の薄板からなる円盤であり、その厚みは一樣であって $\mu\text{m}$ オーダーである。

【0028】第1スペーサ41は、透明弾性板1の図中上側の表面に図中下方の面で接合され、光路として円形の第1貫通孔を有し、所定の様な厚さをもった絶縁性の合成樹脂（ガラス等でも良い）からなるリング状部材である。透明弾性板1と第1スペーサ41とは、紫外線硬化樹脂によってリング状の接触面全体で液密に接合されている。

【0029】第1電極51は、第1スペーサ41の図中上側の面に、真空蒸着などのPVD法（物理的蒸気凝縮法）によって形成されているアルミニウム製（金やニッケル等でも良い）の膜状電極である。第2スペーサ42は、第1スペーサ41の図中上側の面に接合され、第1スペーサ41の第1貫通孔と同軸でより直径が大きい第2貫通孔を有しており、所定の様な厚さをもった絶縁性の合成樹脂（ガラス等でも良い）製のリング状スペーサである。第1電極51が形成されている第1スペーサ41の図中上面と、第2スペーサ42の図中下面とは、エポキシ系接着剤によってリング状の接触面全体で液密に接合されている。

【0030】導電性弾性板3は、第2スペーサ42の図中上面に接合され、光路として円形の間貫通孔を有する導電性の変形可能なステンレス鋼（ベリリウム銅でも良い）製の薄板である。導電性弾性板3と第2スペーサ42とは、エポキシ系接着剤によってリング状の接触面全体で液密に接合されている。透明板2は、光学的に透明な円盤状のホウケイ酸ガラス板であって、導電性弾性板3の中央に開口している中間貫通孔の周囲の内周縁付近に外周部で接合されている。透明板2の外周部と導電性弾性板3の内周部とは、エポキシ系接着剤によってリング状の接触面全体で液密に接合されている。

【0031】第3スペーサ43は、第1スペーサ41の第1貫通孔より直径が大きい第3貫通孔を有し、所定の様な厚さをもった絶縁性の樹脂からなるリング状の部材である。第3スペーサ43の図中下面と導電性弾性板3の図中上面とは、エポキシ系接着剤によってリング状の接触面全体で接合されている。第2電極52は、光路として透明板2よりも直径が少し大きい第3貫通孔を有するステンレス鋼製のリング状部材である。第2電極52の図中下面と第3スペーサ43の図中上面とは、エポキシ系接着剤によってリング状の接触面全体で接合されている。

【0032】（実施例1の作用効果）本実施例の変焦点レンズは、以上のように構成されているので、以下のような作用効果を発揮する。先ず、印加電圧が全く与えられていない状態では、再び図2に示すように、透明板2は上下方向に変位しないので透明液体6に圧力の変化は生ぜず、透明弾性板1は変形せずその表面（図中下面）は、平面状に保たれている。この状態では、透明弾性板1の表面と透明板2の表面（図中上面）とが平行に保たれているので、透明弾性板1と透明板2と両者の間

に介在する透明液体6とから形成されるレンズはパワーをもたない。その結果、図中上方から回転対称軸に平行に入射した平行光線は、上記レンズを透過した後も平行なままに保たれる。

【0033】次に、図3に示すように、第1電極51と導電性弾性板3とに所定の電位差が印加されている状態では、第1電極51と導電性弾性板3との間にクーロン力（静電気力）が生じ、第1電極51と導電性弾性板3との間には吸引力が作用する。この際、透明弾性板1の剛性は、第1スペーサ41に裏打ちされている第1電極51の剛性に比べて極めて低いから、透明弾性板1は変形して透明板2と一緒に図中下方へ吸引され、透明液体6に圧縮力を及ぼす。その結果、透明液体6の圧力が上昇して、導電性弾性板3は図中下方へ凸に突出し、透明弾性板1と透明板2と両者の間に介在する透明液体6とから形成されるレンズは凸レンズとなる。この凸レンズのパワーは、透明弾性板1の変形の度合いで異なるので、可変直流電圧源71の印加電圧を調整することにより、調整可能である。

【0034】逆に、図4に示すように、第2電極52と導電性弾性板3とに所定の電位差が印加されている状態では、第2電極52と導電性弾性板3との間にクーロン力が生じ、第1電極51と導電性弾性板3との間には静電的な吸引力が作用する。この際、導電性弾性板3の剛性は、所定の厚さの部材である第2電極52の剛性に比べて極めて低いから、導電性弾性板3は変形して透明板2と一緒に図中上方へ吸引され、透明液体6に負圧力を及ぼす。その結果、透明液体6の圧力が低下して、透明弾性板1は大気圧に押されて図中下方から凹状にへこみ、透明弾性板1と透明板2と両者の間に介在する透明液体6とから形成されるレンズは凹レンズとなる。この凹レンズのパワーは、透明弾性板1の変形の度合いで異なるので、可変直流電圧源72の印加電圧を調整することにより、調整可能である。

【0035】ここで、導電性弾性板3と第1電極51および第2電極52とは静電アクチュエータを構成しており、前述の凸レンズおよび凹レンズのパワーは、同静電アクチュエータに印加する電圧の大小によって決まる。すなわち、本実施例の変焦点レンズでは、可変焦点レンズ本体に静電アクチュエータが組み込まれている構成を取っており、ピエゾアクチュエータ等の別途付設されたアクチュエータを必要としない。それゆえ、可変焦点レンズの小型化が可能であるばかりではなく、構成の簡素化による可変焦点レンズの価格の低廉化が可能である。

【0036】したがって、本実施例の変焦点レンズによれば、可変焦点レンズ本体の体格が小型化されているとともに、価格が低廉化されているという効果がある。また、本実施例の変焦点レンズに組み込まれている静電アクチュエータは、ピエゾアクチュエータと異なり、

ヒステリシスやクリーピング等の不都合な現象が生じないので、印加電圧とレンズのパワーとは一意に対応するという効果もある。同様に、ピエゾアクチュエータを使用せず、本体と一体型の静電アクチュエータを使用しているため、小型化に伴う制約が少なく、小型化が従来技術よりもずっと容易であるという効果がある。

【0037】なお、第1電極51と導電性弾性板3とが接触して短絡する恐れがある場合には、第1電極51の表面に絶縁塗料を塗っておくなどの対策が有効である。同様に、第2電極52と導電性弾性板3とが接触しないし近接して短絡する恐れがある場合には、第2電極52の表面に絶縁塗料を塗っておくなどの対策が有効である。また、透明板2および導電性弾性板3と第2電極52との間の空間にシリコン油等の絶縁性が高い透明液体を充填しておく、第2電極52と導電性弾性板3とが近接しても、アーク等が飛んで短絡する恐れがなくなるので、好都合である。

【0038】（実施例1の変形態様1）本実施例の変形態様1として、図5（a）に示すように、第1電極51が表面に形成されている第1スペーサ41の上面と、第2電極52の導電性弾性板3に対向する下面とが、半頂角の大きい円錐面で形成されている可変焦点レンズの実施が可能である。ただし、第1スペーサ41および第2電極52の導電性弾性板3に対向する面のうち、第2スペーサ42や第3スペーサ43と接合する外縁部は、平面を保って第2スペーサ42や第3スペーサ43と接合されている。

【0039】本変形態様では、第2スペーサ42および第3スペーサ43には、実施例1のものよりも薄いものが使用されているので、第1電極51および第2電極52と導電性弾性板3とは、特に外周部の方で、実施例1よりも接近している。それでいながら、実施例1と同程度に導電性弾性板3が変形して透明板2が変位するまで、第1電極51および第2電極52と導電性弾性板3とは、互いに所定間隔以下に近接することがない。

【0040】したがって、本変形態様の可変焦点レンズによれば、図5（b）に示すように、可変直流電圧源71、72の印加電圧が実施例1よりも小さくても、実施例1と同様のレンズパワーの調整作用が得られるという効果がある。なお、本変形態様によっても、実施例1と同様の小型軽量化および低廉化の効果が得られることは言うまでもない。

【0041】（実施例1の変形態様2）本実施例の変形態様2として、前述の本実施例またはその変形態様1において、第3スペーサ43と第2電極52と第2可変直流電圧源72とが省略されている可変焦点レンズ（図略）の実施が可能である。本変形態様では、第1電極51と導電性弾性板3との間に実施例1と同様の電位差で電圧が印加されれば、実施例1と同程度のパワーの凸レンズを形成する作用がある。逆に、第1電極51および

導電性弾性板3に同符号の高電圧が電位差なしに印加されれば、第1電極51と導電性弾性板3との間には静電的な反発力が生じ、導電性弾性板3は透明板2と一緒に第1電極51から遠ざかる。その結果、透明弾性板1と透明板2と透明液体6とにより、凹レンズが形成される。

【0042】したがって、本変形態様の可変焦点レンズによっても、実施例1と同様の小型軽量化および低廉化の効果が得られるうえ、実施例1に準ずるレンズパワーの調整作用が得られる。

（実施例1の変形態様2）本実施例の変形態様2として、前述の本実施例、その変形態様1または2において、第1電極51がない代わりに、第1スペーサ41が導電性であって第1電極の役割を兼ねる可変焦点レンズ（図略）の実施が可能である。

【0043】本変形態様の可変焦点レンズでは、実施例1のように第1スペーサの表面に第1電極を形成する必要がないので、コストダウンが可能になる。すなわち、本変形態様の可変焦点レンズによれば、前述の本実施例、その変形態様1または2と同様の効果が得られるばかりではなく、さらなるコストダウンが可能であるという効果がある。

【0044】〔実施例2〕

（実施例2の構成）本発明の実施例2としての可変焦点レンズは、図6に要部の構成を示すように、導電性弾性板3'、第1電極51'および第2電極52'が、互いに対応する位置で周方向に等間隔に三分割されている。すなわち、第1電極51'は、三分割された第1電極51a～51cから構成されており、同様に第2電極52'も、三分割された第2電極52a～52cから構成されている。さらに特徴的であるのは、三分割されている導電性弾性板3'の構成である。

【0045】すなわち、導電性弾性板3'は、中間貫通孔を有する絶縁性の変形可能な薄板である絶縁性弾性板30と、絶縁性弾性板30の一方の表面に形成された導電性の膜であって周方向に三分割されている分割導電膜3a～3cとから構成されている。それゆえ、導電性弾性板3の三分割されている分割導電膜3a～3cは、それぞれ第1電極51a～51cと第2電極52a～52cとに対し、静電気力により吸引力を受けることができる。各吸引力は、図6に示すように接続されている可変直流電圧源71a～71c、72a～72cにより、所定の範囲で任意に調整ができるようになっている。

【0046】（実施例2の作用効果）本実施例の可変焦点レンズでは、可変直流電圧源71a～71c、72a～72cとの印加電圧が周方向に等しくかけられれば、前述の実施例1と同様にパワーの調整が可能な凸レンズ作用と凹レンズ作用とを発揮しうる。そればかりではなく、本実施例の可変焦点レンズでは、分割導電膜3a～3cと第1電極51a～51cと第2電極52a～52c



cとが周方向に三分割されているので、次に説明する偏向作用を発揮して光軸を屈折させることができる。

【0047】先ず、図7に示すように、導電性弾性板3'の分割導電膜3aと第2電極52aとに所定の電位差を与え、分割導電膜3bと第1電極51bとに同程度の電位差を与える場合を想定する。この場合には、図中左方の分割導電膜3aは第2電極52aに吸引されて持ち上がり、逆に図中右方の分割導電膜3bは第1電極51に吸引されて引き下げられる。その結果、各分割導電膜3a~3cをもつ導電性弾性板3'の内縁部に接合されている透明板2は図中時計方向に傾き、透明板2と透明弾性板1と透明液体6とから形成されているレンズは、パワーをもたず単に入射光を屈折させるだけの作用をもつ。

【0048】次に、図8に示すように、導電性弾性板3'の分割導電膜3bと第1電極51bとにだけ所定の電位差を与える場合には、図中右方の分割導電膜3bは第1電極51bに吸引されて引き下げられる。その結果、各分割導電膜3a~3cをもつ導電性弾性板3'の内縁部に接合されている透明板2は、図中時計方向に傾くとともに図中下方へ吸引され、透明液体6の圧力を高める。その結果、透明板2と透明弾性板1と透明液体6とから形成されているレンズは、凸レンズとしてパワーをもつとともに、入射光を屈折させる作用をもつ。

【0049】次に、図9に示すように、導電性弾性板3'の分割導電膜3aと第2電極52aとにだけ所定の電位差を与える場合には、図中左方の分割導電膜3aは第2電極52aに吸引されて引き下げられる。その結果、各分割導電膜3a~3cをもつ導電性弾性板3'の内縁部に接合されている透明板2は、図中時計方向に傾くとともに図中上方へ吸引され、透明液体6の圧力を低める。その結果、透明板2と透明弾性板1と透明液体6とから形成されているレンズは、凹レンズとしてパワーをもつとともに、入射光を屈折させる作用をもつ。

【0050】以上のように、本実施例の可変焦点レンズは、実施例1と同様の作用効果をもつばかりではなく、任意の方向へ所定の範囲で光軸を偏向させる作用を発揮することができるという効果がある。

#### 【実施例3】

(実施例3の構成) 本発明の実施例3としての可変焦点レンズにおいては、図10に一部の構成を示すように、透明弾性板1'の中央部に、回転対称形に適正な厚さの分布が形成されている。すなわち透明弾性板1'は、光学レンズとしての特性に優れた直径6mmの有効部を中央部に有している。

【0051】また、本実施例の導電性弾性板は、図1(a)に示すように、実施例1の導電性弾性板3に替わって、第2透明弾性板2'と、第2透明弾性板2'の一方の表面に形成された導電性の膜である導電膜3"とから構成されている。第2透明弾性板2'も、光学的に透

明であり弾性をもって変形可能な透明弾性板であって、前述の透明弾性板1'と同様に、光学レンズとしての特性に優れた直径6mmの有効部を有している。すなわち、第2透明弾性板2'は、第2スペーサ42上面に接合されている絶縁性の透明弾性板であり、透明弾性板2'の表面にリング状に形成された導電性の電極膜3"と一体に形成されている。

【0052】本実施例のその他の部分(第1スペーサ41、第1電極51、第2スペーサ42、第3スペーサ43および第2電極52)は、実施例1と同様であるので説明を省略する。また、電極膜3"、第1電極51および第2電極52が実施例2と異なって周方向に分割されていないので、可変直流電圧源71、72を含む電圧制御装置7とその接続も、実施例1と同様である。

【0053】(実施例3の作用効果) 本実施例の可変焦点レンズでは、図11(b)に示すように、第1電極51と電極膜3"とに所定の電位差が印加されている状態では、第1電極51と電極膜3"との間に静電気による吸引力が生じる。すなわち、第2透明板2'の電極膜3"が形成されている部分は、図中下方へ吸引され、透明液体6に圧縮力を及ぼす。その結果、透明液体6の圧力が上昇して、透明弾性板1'は図中下方へ凸に突出するとともに、第2透明弾性板2'の中央部も図中上方へ凸に突出する。すると、透明弾性板1'と第2透明弾性板2'と両者の間に介在する透明液体6とから形成されるレンズは、パワーの強い凸レンズとなる。この凸レンズのパワーは、透明弾性板1'および第2透明弾性板2'の変形の度合いで異なるので、可変直流電圧源71の印加電圧を調整することにより、調整可能である。

【0054】逆に、第2電極52と電極膜3"とに所定の電位差が印加されている状態(図略)では、第2電極52と電極膜3"との間に静電的な吸引力が作用する。すると、第2透明弾性板2'の電極膜3"が形成されている部分は、図中上方へ吸引され、透明液体6に負圧力を及ぼす。その結果、透明液体6の圧力が低下して、透明弾性板1'は大気圧に押されて図中下方から凹状にへこみ、同様に第2透明弾性板2'も大気圧に押されて図中上方から凹状にへこむ。すなわち、透明弾性板1'と第2透明弾性板2'と両者の間に介在する透明液体6とから形成されるレンズは、パワーの強い凹レンズとなる。この凹レンズのパワーは、透明弾性板1'および第2透明弾性板2'の変形の度合いで異なるので、可変直流電圧源72の印加電圧を調整することにより、調整可能である。

【0055】以上の凸レンズ作用および凹レンズ作用においては、透明弾性板1'ばかりではなく第2透明弾性板2'も曲面を形成して光線の屈折に寄与するので、実施例1のそれよりもレンズのパワーが強くなる。したがって、本実施例の可変焦点レンズによれば、実施例1と同様の効果が得られるばかりではなく、実施例1よりも

いっそうレンズパワーの調整範囲が広いという効果がある。さらに、透明弾性板1'および第2透明弾性板2'の中央部に光学的に優れた形状が形成されているので、本実施例によればより大きな口径の光学的に優れた可変焦点レンズを提供することができるという効果もある。

【0056】〔実施例4〕

（実施例4の第1構成および作用効果）本発明の実施例4の第1構成としての可変焦点レンズにおいては、図12に示すように、第1スペーサ41'の第1貫通孔の周縁部の下面は、透明弾性板1と所定の間隔を空けて形成されている。そして、この周縁部の下面に形成されている第1容量検出電極81と、第1容量検出電極81と背向して透明弾性板1に形成されている第2容量検出電極82とを、本実施例の可変焦点レンズは有する。その他の部分は、実施例1の可変焦点レンズの構成と同様である。

【0057】ここで、第2容量検出電極82には、外付けの低電圧電源9により、一定の電圧が印加されている。さらに本実施例の可変焦点レンズは、第1容量検出電極81と第2容量検出電極82との間の静電容量を検出する静電容量検出手段としての容量検出回路10を、外付けで備えている。容量検出回路10（図12参照）は、オペアンプAと抵抗器Rとを回路要素として構成されており、オペアンプAの出力端において出力電圧が得られる。図12に示すように、可変焦点レンズがパワーをもたない場合の出力電圧をE1とすると、図13に示すように、可変焦点レンズが凸レンズとしてパワーをもつ場合の出力電圧はE2である。

【0058】第1容量検出電極81と第2容量検出電極82との間の静電容量が図12の場合と図13の場合とで変わっているため、出力電圧E1とE2とは異なる電位にある。すなわち、同出力電圧を検出することにより、可変焦点レンズのパワーを計測することが可能である。したがって、本実施例の可変焦点レンズでは、レンズのパワーを計測することができるという効果がある。

【0059】（実施例4の第2構成および作用効果）本実施例の第2構成としての可変焦点レンズは、図14に示すように、前述の容量検出回路10と、制御回路11と、可変焦点レンズの本体に駆動電圧を与える電圧制御装置7とからなる制御装置12を、外付けでさらに装備している。すなわち、本構成の可変焦点レンズは、静電容量検出手段としての容量検出回路10により計測された静電容量に基づいて、可変焦点レンズを駆動する印加電圧を調整する制御手段としての制御回路11および電圧制御装置7を外付けで備えている。

【0060】本構成では、容量検出回路10で計測されたレンズパワーを制御回路11によりフィードバックして、電圧制御装置7により適正に調整された駆動電圧が可変焦点レンズに印加される。それゆえ、本構成の可変焦点レンズによれば、レンズのパワーを精密に制御する

ことが可能になるという効果がある。

（実施例4の各種変形態様）前述の制御装置12を有すれば、特別に両容量検出電極81、82を設けることなく、たとえば実施例1のままの可変焦点レンズ本体の構成で、フィードバック制御回路を構成することが可能である。すなわち、本実施例の各種変形態様として、たとえば導電性弾性板3と第1電極51との間の静電容量を検出するようにしても良いし、同様に導電性弾性板3と第2電極52との間の静電容量を検出するようにしても良い。このような制御装置12を有する構成は、実施例1の変形態様や、前述の実施例2および実施例3に対しても適用可能である。

【0061】これらの変形態様によっても、前述の実施例4と同様の作用効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1としての可変焦点レンズの構成を示す斜視断面図

【図2】 実施例1としての可変焦点レンズの構成を示す断面図

【図3】 実施例1としての可変焦点レンズの凸レンズ作用を示す断面図

【図4】 実施例1としての可変焦点レンズの凹レンズ作用を示す断面図

【図5】 実施例1の変形態様1としての可変焦点レンズを示す組図

（a）変形態様1の可変焦点レンズの構成を示す断面図

（b）変形態様1の可変焦点レンズの凸レンズ作用を示す断面図

【図6】 実施例2としての可変焦点レンズの要部構成を示す分解斜視図

【図7】 実施例2の可変焦点レンズの光軸偏向作用を示す断面図

【図8】 実施例2の可変焦点レンズの偏向凸レンズ作用を示す断面図

【図9】 実施例2の可変焦点レンズの偏向凹レンズ作用を示す断面図

【図10】 実施例3の可変焦点レンズの透明弾性板の形状を示す断面図

【図11】 実施例3の可変焦点レンズの構成および作用を示す組図

（a）電圧を印加していない状態での作用を示す断面図

（b）凸レンズ作用を示す断面図

【図12】 実施例4としての可変焦点レンズの構成を示す断面図

【図13】 実施例4としての可変焦点レンズの作用を示す断面図

【図14】 実施例4の可変焦点レンズの制御装置の構成を示す模式図

【符号の説明】

1、1'：透明弾性板（ホウケイ酸ガラス等の光学ガラ

スからなる薄板)

2: 透明板 (円盤状の光学ガラス板)

2': 第2透明弾性板 (ホウケイ酸ガラス等の光学ガラ

スからなる薄板)

3: 導電性弾性板 (ステンレス鋼からなる薄板)

3': 導電性弾性板

30: 絶縁性弾性板 3a~3c: 分割導電膜

3'': 導電膜

41, 41': 第1スペーサ 42: 第2スペーサ

43: 第3スペーサ

51, 51', 51a~51c: 第1電極 (アルミニウム\*

\* ムの蒸着膜)

52, 52', 52a~52c: 第2電極 (ステンレス鋼板)

6: 透明液体 (シリコン油)

7: 電圧制御装置

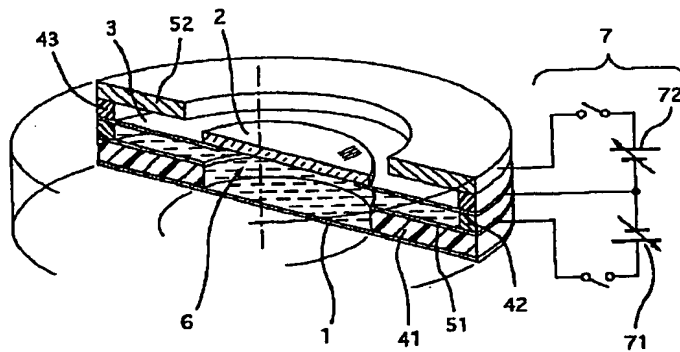
71, 72, 71a~71c, 72a~72c: 可変直流電圧源

81: 第1容量検出電極 82: 第2容量検出電極

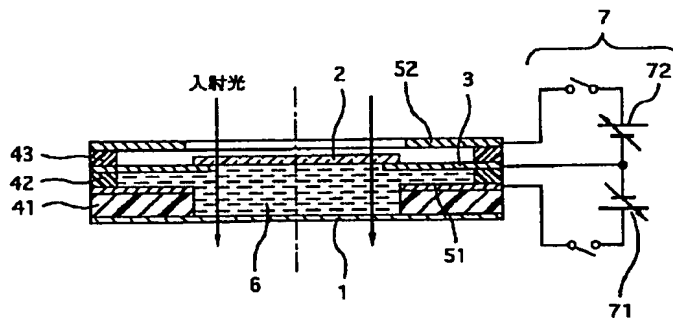
9: 定電圧電源 10: 容量検出回路 11: 制御

10 回路 12: 制御装置

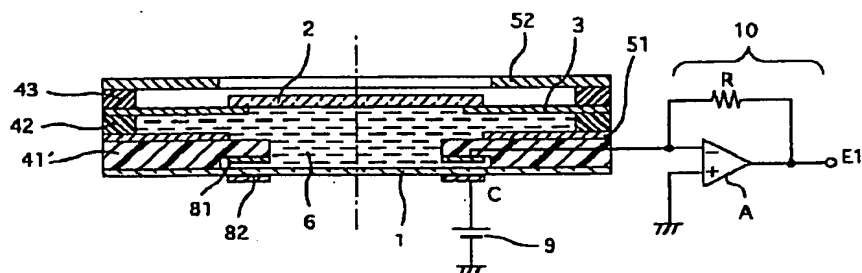
【図1】



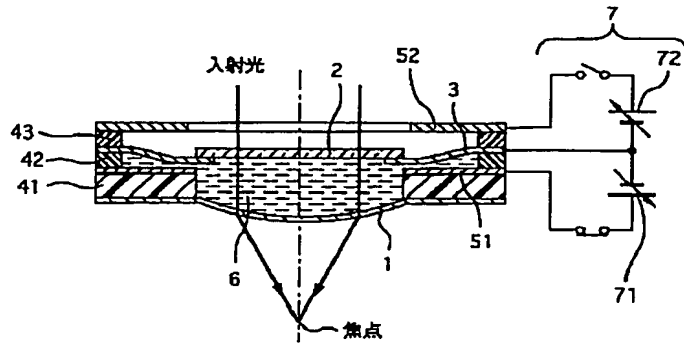
【図2】



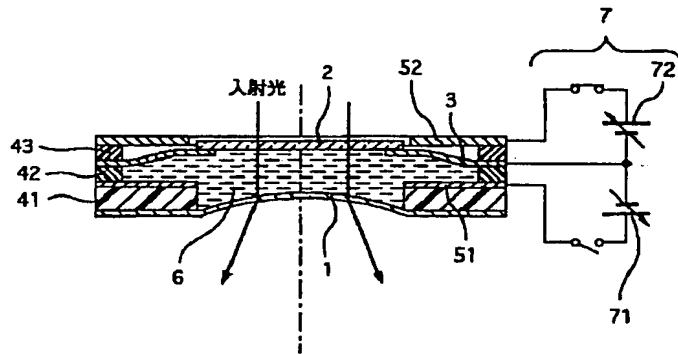
【図12】



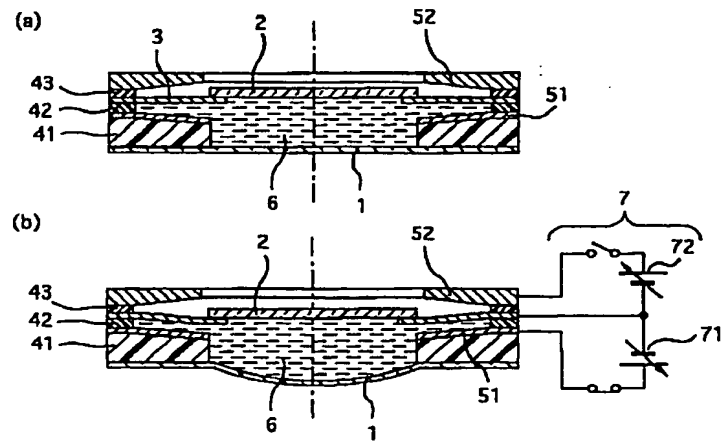
【図3】



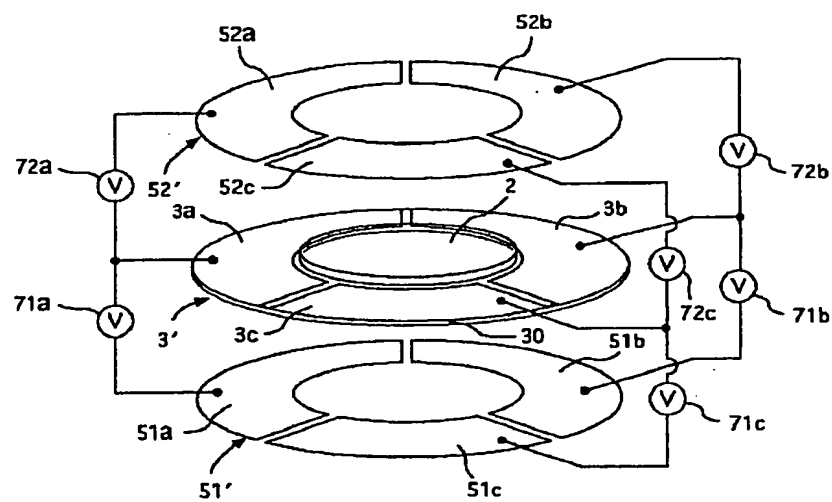
【図4】



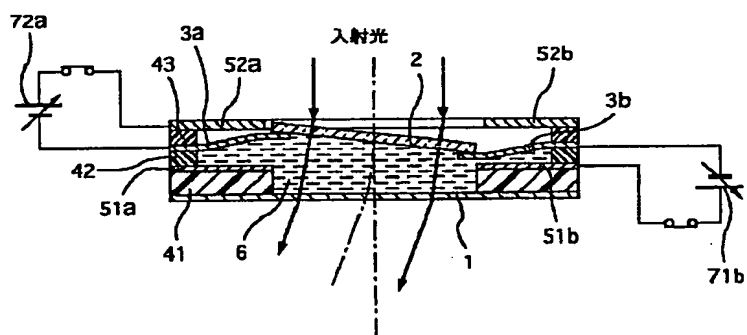
【図5】



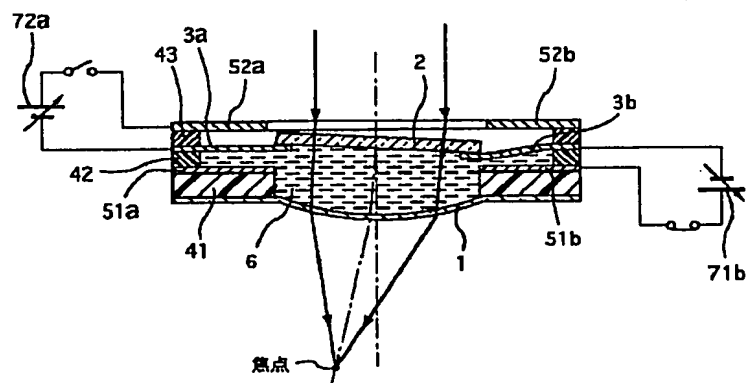
【図6】



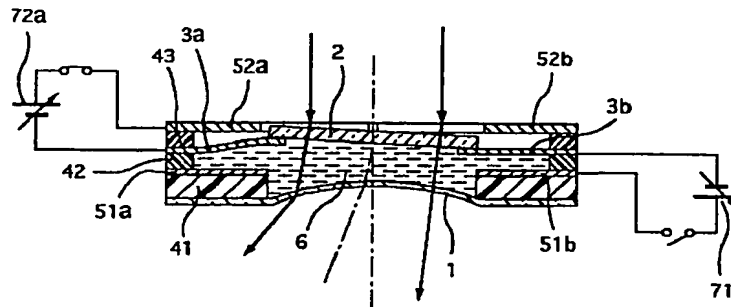
【図7】



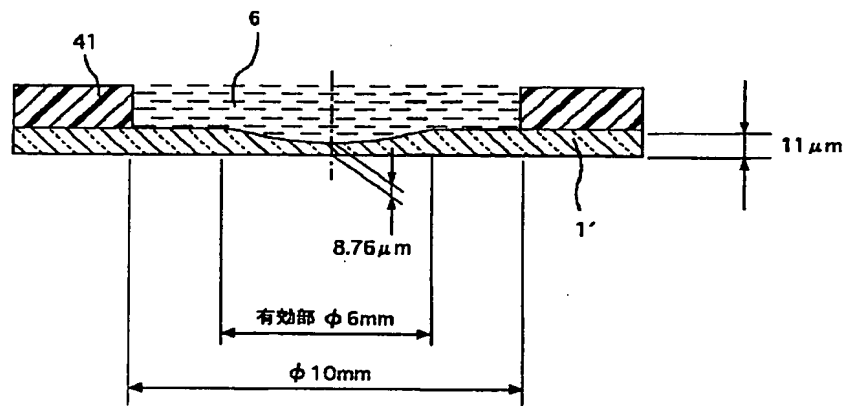
【図8】



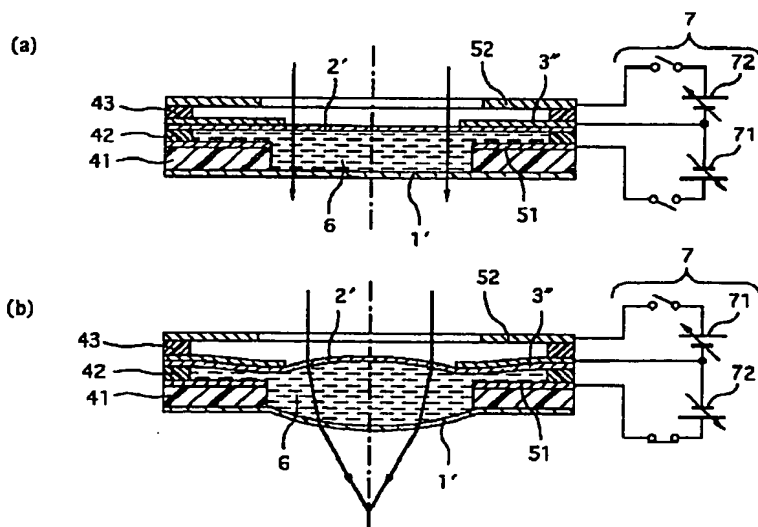
【図9】



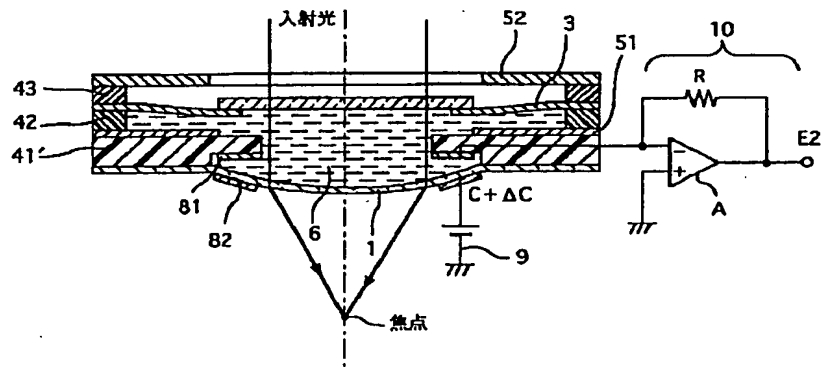
【図10】



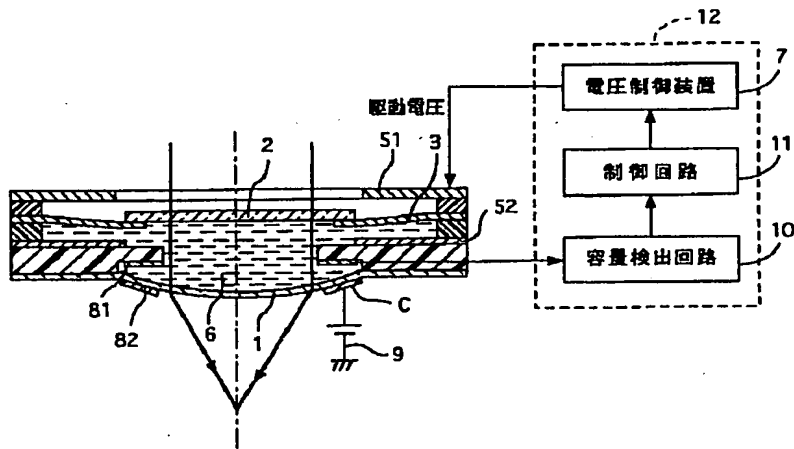
【図11】



【図13】



【図14】



This Page Blank (uspto)

~~Best Available Copy~~